

Würzburg, 1959

Aus dem Institut für Angewandte Zoologie der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. K. Gößwald

**Einstich- und Saugverhalten der Zwiebellaus,
Myzus ascalonicus Donc.,
und die Wirkung ihrer Stiche auf pflanzliche
Zellen und Gewebe**

Auszug

aus der

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

vorgelegt von

Johannes Marek

Würzburg 1959



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Angewandte Zoologie der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. K. Gößwald

**Einstich- und Saugverhalten der Zwiebellaus,
Myzus ascalonicus Donc.,
und die Wirkung ihrer Stiche auf pflanzliche
Zellen und Gewebe**

Auszug

aus der

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Johannes Marek

Würzburg 1959

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Juni 1959

Tag der

Tag der Promotion:

~~7. 6. 59~~

8. 7. 59

Vorliegende Arbeit wurde im Institut für Angewandte Zoologie der Universität Würzburg durchgeführt. Seinem Direktor, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. K. Gößwald, möchte ich an dieser Stelle für seine Unterstützung und rege Anteilnahme an meiner Arbeit herzlichst danken.

Besonderer Dank gilt auch Herrn Privat-Dozenten Dr. W. Kloft für ständige Beratung und Förderung dieser Untersuchungen. Freundlicherweise stellte er mir Apparate, die ihm die Deutsche Forschungsgemeinschaft überlassen hat, für meine Untersuchungen zur Verfügung.

Den Herren Professoren Dr. W. Simonis und Dr. H. Zeidler vom Botanischen Institut der Universität Würzburg bin ich für verschiedene Anregungen und für die Überlassung von Spezialliteratur zu großem Dank verpflichtet.

Aus dem Inhalt:

I. Einleitung. — II. Einstich- und Saugverhalten von *Myzus ascalonicus* Donc. — Das Einstichverhalten der Zwiebellaus, *Myzus ascalonicus* Donc., auf ihren Wirtspflanzen. — Das Anstechen ungewohnter Medien durch die Zwiebellaus. — Nahrungsaufnahme in Abhängigkeit von Geschmacksqualität, Konzentration und pH-Wert verschiedener Stoffe. — III. Die Wirkung von Aphidenstichen auf pflanzliche Zellen. — Eine Methode zur zellphysiologischen Untersuchung der Wirkung von Aphidenstichen. — Bestimmung des Ausbreitungsbereiches von Aphidenspeichel in der Zwiebelschuppe von *Allium cepa*. — Die Wirkung von Aphidenstichen auf die Deplasmolysezeit. — Weitere Wirkungen der Aphidenstiche auf die pflanzliche Zelle. — Die zellphysiologische Wirkung der mechanischen Komponente des Aphidenstiches. — Die zellphysiologische Wirkung der chemischen Komponente des Aphidenstiches. — IV. Die Wirkung von Stichen der Zwiebellaus auf den Stoffwechsel von Pflanzengewebe. — Die Eigenatmung der Zwiebellaus, *Myzus ascalonicus* Donc. — Atmungsbestimmungen an besogenen Veilchenblättern mit der manometrischen Methode nach Warburg. — Die Wirkung des mechanischen Reizes auf die Atmung von Veilchenblättern. — Die Wirkung von Aminosäuren auf die Atmung von Veilchenblättern. — Assimilationsbestimmungen mit der manometrischen Methode nach Warburg. — Die Wirkung eines mechanischen und chemischen Reizes auf die Wasseraufnahme und Wasserabgabe von Pflanzenteilen. — V. Besprechung der Ergebnisse. — VI. Zusammenfassung der Hauptergebnisse. — Literaturverzeichnis.

Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzensaugern und ihren Wirtspflanzen sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Mehrere Autoren haben sich hierbei mit dem gegenseitigen Verhältnis des Nahrungsbedarfes der Insekten und der in den Pflanzen enthaltenen Nährstoffe beschäftigt (*Nuorteva*, 1952). Es fehlt jedoch, wie bereits *Kloft* (1956) berichtet hat, noch an elementaren Untersuchungen, die sich mit dem Einstich, der Saugtätigkeit und der Speichelinjektion befassen. Die Arbeit von *Kloft* (1956) brachte eine entscheidende Vertiefung der Kenntnisse über das Wechselspiel zwischen Pflanze und Tier, da seine Untersuchungen an lebendem Material und unter Anwendung vielseitiger und moderner pflanzenphysiologischer Arbeitsmethoden durchgeführt worden sind. So konnte *Kloft* die Zusammensetzung von Aphidenspeichel, dessen Verteilung im pflanzlichen Gewebe, seine Ausschüttung und Wirkung teilweise klären.

Eine Übersicht über die auf diesem Gebiet vorhandene Literatur wird in der oben erwähnten Arbeit von *Kloft* gegeben und kann dort eingesehen werden.

Die in den Experimentalabschnitten der vorliegenden Arbeit dargestellten Ergebnisse haben es ermöglicht, die Wirkungen des Aphidenstiches auf Atmung, Assimilation und Wasserhaushalt der Pflanze auf die zwei Hauptkomponenten, den mechanischen und den chemischen Reiz, zurückzuführen. Hier soll versucht werden, die verschiedenen Einzelbefunde in eine zusammenfassende Darstellung des gesamten Wirkungskomplexes Pflanzensauger / Pflanzengewebe einzugliedern. Die mechanische Komponente wurde im

allgemeinen bei den früheren Untersuchungen vernachlässigt, da man die Verletzungen, die durch die feinen Aphidenstechborsten hervorgerufen werden, für unbedeutend hielt. Die vorliegenden zellphysiologischen Untersuchungen haben jedoch die Bedeutung solcher geringfügiger Verletzungen aufgezeigt. Auch ein mit den feinsten Stechborsten durchgeführter Anstich verursacht in einer Zelle Schädigungen, die sich erfassen lassen. So konnten bei kürzester Anstichsdauer beispielsweise Deplasmolysezeitverkürzungen und verstärkte Plasmaströmungen nachgewiesen werden. Eine weitere Bestätigung für die Auswirkungen mechanischer Effekte wurde auch durch solche Eingriffe erbracht, die – wie z. B. das Schnitzeln der Blätter bzw. das Anstechen der Zellen und Gewebe mit Nadeln – experimentell erforderlich waren. Bei der Bewertung dieser Ergebnisse muß jedoch folgendes berücksichtigt werden: Das Schnitzeln der Blätter stellt einen sehr intensiven unnatürlichen Eingriff dar, der vor allem mit dem Effekt der Oberflächenvergrößerung verbunden ist. Wenn auch bei den Nadelversuchen viel geringere Verletzungen auftreten, so dürfen sie doch nicht unbedingt denen, die bei natürlichen Anstichen der Läuse entstehen, gleichgesetzt werden, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Auch die feinsten Nadeln, die verwendet wurden, sind wegen des konischen Verlaufs ihrer Spitze gröber als die Läusestechborsten.
2. Die Stechborsten bleiben nach dem Einstechen im Stichkanal versenkt und heben damit die Oberflächenvergrößerung auf.
3. Beim Herausziehen der Nadeln bleibt der Kanal offen, während durch die Speichelinjektion der durch die Stechborsten geschaffene Kanal beim Herausziehen wieder verstopft wird.

Der mechanische Reiz selbst muß wiederum zerlegt werden in den sog. Wundreiz mit chemischen Effekten und in die Oberflächenvergrößerung. Je stärker die Verletzung ist, desto mehr wird auch die Oberflächenvergrößerung zur Auswirkung kommen. Nach *Bünning* (1953) werden offenbar bei der Verwundung durch den Abbau von Eiweißkörpern Aminosäuren gebildet, so daß es schon allein dadurch zu einer chemischen Reizwirkung kommen muß. Inwieweit außerdem andere Zellinhaltsstoffe die Effekte beeinflussen, ist noch völlig ungeklärt.

Der künstlich nachgeahmte Läusestich (durchgeführt mit Aminosäuren enthaltenden feinen Glaskapillaren) hatte außerdem den Nachteil, daß sicher nicht alle Speichelbestandteile in die Zelle eingebracht werden konnten. Es ist keineswegs anzunehmen, daß die im Aphidenspeichel bisher gefundenen vier Aminosäuren die einzigen wirksamen Bestandteile des Speichels sind. Vielmehr muß damit gerechnet werden, daß sich im Speichel noch Stoffe – wenn auch nur in Spuren – befinden, die auf das pflanzliche Zellplasma toxisch wirken. Bestätigt wird diese Annahme durch die Beobachtung, daß sich bei geringen Verletzungen, hervorgerufen durch Aphidenstiche, stärkere Wirkungen zeigten als bei künstlich nachgeahmten Stichen.

Bei getroffenen Epidermiszellen von *Allium cepa* konnte eine Verkürzung der Deplasmolysezeit gegenüber den Kontrollzellen gefunden werden. Es kommt demnach durch den Läusestich zu einer Veränderung in der Wasseraufnahme, die sich in einem schnelleren Eintreten des Wassers in die getroffenen Zellen äußert. Dieser völlig veränderte Wassertransport in den getroffenen Zellen kann mit Hilfe des Deplasmolysetestes erfaßt werden. Da sich aus dieser Verkürzung nicht unbedingt eine Erhöhung der Wasserpermeabilität folgern läßt, müssen wir die gesamte Wasseraufnahme der Zelle in Betracht ziehen. Jede Zelle besitzt ja bereits im unplasmolysierten Zustand neben dem osmotisch gebundenen Wasser noch eine zusätzliche, nichtosmotisch in der Vacuole festgehaltene, Wassermenge, die bis zu 22 % des gesamten Zellsaftes ausmachen kann, aber der Vacuole mit bloßen osmotischen Mitteln nicht entzogen werden kann (Bogen und Follmann, 1955). Die nichtosmotische Aufnahme dieses Wassers in die Zelle erfordert eine zusätzliche Energieleistung von seiten der Zelle und ist daher mit der Gesamtenergiebilanz der Zelle gekoppelt (Bogen und Prell, 1953; Bogen, 1953). Eine Beeinflussung dieser Prozesse ist auf dem Wege über Stoffwechselgifte möglich (Bogen und Follmann, 1955). Es ist daher auch denkbar, daß Inhaltsstoffe des Pflanzenlausspeichels, die ja nach den vorliegenden Untersuchungen den pflanzlichen Stoffwechsel verändern, indirekt auf dem Wege über solche Stoffwechseleffekte auch die nichtosmotische Wasseraufnahme und Wasserabgabe beeinflussen. Auch die in den Potometer-Versuchen faßbare erhöhte Wasseraufnahme des ganzen Pflanzenteils nach dem Anstechen der Läuse könnte auf dieser Basis eine Erklärung finden. Die Art der bisher durchgeführten Untersuchungen erlaubt noch keinen näheren Einblick in die im einzelnen veränderten Vorgänge. Nekrohormone scheinen die gleiche Wirkung auf die Wasseraufnahme auszuüben, da beim Anstechen der Zellen mit feinsten Nadeln ebenfalls eine Verkürzung der Deplasmolysezeit nachgewiesen werden konnte.

Das Anstechen von pflanzlichen Geweben mit feinsten Nadeln hatte zu einer Atmungssteigerung und einer Transpirationserhöhung geführt. Die Atmungssteigerung – sie ist um so ansehnlicher und um so länger dauernd, je stärker die zu beseitigenden Schäden sind (Bünning, 1953) – konnte durch die erhöhte CO_2 -Abgabe manometrisch erfaßt werden. Mit dieser erhöhten CO_2 -Abgabe ist gleichzeitig eine erhöhte Energieabgabe verbunden. Es kommt jedoch nicht zu einer Temperaturerhöhung im Pflanzenkörper. Aus der Literatur ist uns nämlich bekannt, daß die Temperaturerhöhung durch Atmung bei zahlreichen gemessenen Pflanzenorganen im allgemeinen fast ausnahmslos unter 1° liegt (Huber, 1956), auch wenn Verwundung oder Infektionen die Atmung meßbar steigern (Yarwood, 1953). Auf Grund der in der Diskussion für wahrscheinlich gehaltenen Stoffwechselgiftwirkung des Aphidenspeichels dürfte nichtosmotisch gebundenes Zellwasser frei werden. Dieses Wasser ist dann verfügbar für die Transpiration, die ja energetisch wesentlich auch von der eingestrahnten Energie getragen

wird. So könnte von dieser Seite her das Anstechen der Läuse zu Schwan-
kungen im Wasserhaushalt der Pflanze führen. Bei Zugabe der bezeich-
neten Aminosäuren und bei langer Anstichsdauer (*Kloft*, 1956) wurde eine
Hemmung der Assimilation verzeichnet. Dieses Ergebnis läßt mehrere Deu-
tungen zu. Die Aufnahme der Aminosäure in die pflanzliche Zelle ist mit
einem gewissen Energieaufwand verbunden. Diese Energiemenge kann nun
von der Photosyntheseenergie stammen, so daß diese der CO_2 -Assimilation
nicht mehr zur Verfügung steht und es deshalb zu einer Hemmung der-
selben kommen muß (vgl. *Simonis* und *Kating*, 1956; *Simonis*, 1956;
Kandler, 1950 und 1954). Eine zweite Deutungsmöglichkeit ist in der
Desamidierung der Aminosäure und anschließender Einbeziehung in den
Kohlenhydratstoffwechsel gegeben. Hierbei käme es ebenfalls zu einem
Verbrauch von Energie, die der CO_2 -Assimilation entzogen werden kann.
Außerdem wäre es noch möglich, daß die Speichelbestandteile eine hem-
mende Wirkung auf die pflanzlichen Zellfermente ausüben und damit der
normale Ablauf der CO_2 -Assimilation gestört wird.

Das Ergebnis der Assimilationsversuche – Erhöhung der Photosynthese
bei kürzester Anstichsdauer und nach mechanischer Verletzung – scheint
zunächst den anderen Ergebnissen entgegenzustehen. Zur Erklärung dieses
Ergebnisses ist evtl. allein der vorstehend angeführte Effekt einer Ober-
flächenvergrößerung geeignet. Außerdem sei hierzu noch folgendes erwähnt:

Die Verletzung eines pflanzlichen Gewebes bedingt erhöhte Atmung, d. h.
erhöhte CO_2 -Abgabe. Dieses CO_2 wird von den Chloroplasten teilweise
aufgenommen und zur Assimilation verwendet. Da bei den Warburg-
versuchen im wässrigen Medium gearbeitet wird, ist Wasser in überopti-
maler Menge da. Es kommt deshalb anfänglich zu einer gegenseitigen Stei-
gerung von Atmung und Assimilation, die die überhöhten Werte mit-
bedingt. Die durch die Verletzung gesteigerte Atmung bewirkt also eine
erhöhte Assimilation, die ihrerseits wieder eine Rückwirkung auf die At-
mung haben dürfte. Diese Ergebnisse zeigen deutlich, daß durch das Ein-
stechen von Aphiden in pflanzliche Gewebe erhebliche Störungen im Stoff-
wechsel der Pflanze auftreten.

Die für die zellphysiologischen Untersuchungen ausgearbeitete Methode
erlaubte es entgegen früheren Untersuchungen, die Beobachtungen am leben-
den Material durchzuführen. Weniger günstig zeigte sich bei der Auswer-
tung der Umstand, daß das Hauptversuchstier, die Zwiebellaus, *Myzus*
ascalonicus Donc., ein Siebröhrensauger ist, während das vorgelegte pflanz-
liche Gewebe parenchymatischer Natur war. Bisher ist es aber nicht gelun-
gen, gleichartige Versuche mit Parenchymsaugern durchzuführen, da diese
ihre Saugstellen meist nur bei Häutungen wechseln. Gerade bei Parenchym-
saugern wären jedoch solche Untersuchungen von besonderem Interesse.
Diese Pflanzensauger sind nämlich in einer ganz besonderen Weise darauf
spezialisiert, bei rein interzellularem Anstich dem Gewebe ihre Nährstoffe

zu entziehen. Ihrem wohl fermentativ reicher ausgestatteten Speichel ist die Aufgabe gestellt, die dauernde Nahrungsaufnahme aus den umliegenden Zellen durch eine entsprechende Beeinflussung derselben zu ermöglichen. Dabei dürfte eine Permeabilitätsveränderung des Plasmas von ganz besonderer Bedeutung sein. Es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, experimentell zu entscheiden, ob der Speichel parenchymsaugender Insekten auf das pflanzliche Zytoplasma toxischer wirkt als der von Siebröhrensaugern. Bei letzteren zeigten sich im Falle gelegentlicher interzellulärer Stiche im *Allium*-Epidermis-Test starke toxische Effekte. Es sei betont, daß solche beim normalen Anstich in die Siebröhrenzelle einstweilen nicht genauer bekannt sind. Es bleibt zu hoffen, daß noch Möglichkeiten gefunden werden, die erarbeiteten Methoden auf das vertiefte Studium parenchymsaugender Pflanzenläuse auszudehnen.

Literaturauszug

- Bogen, H. J.*: Beiträge zur Physiologie der nichtosmotischen Wasseraufnahme. — *Planta* **42**, 140—155 (1953).
- — und *Prell, H.*: Messung nichtosmotischer Wasseraufnahme an plasmolysierten Protoplasten. — *Planta* **41**, 459—479 (1953).
- — und *Follmann, G.*: Osmotische und nichtosmotische Stoffaufnahme bei Diatomeen. — (Untersuchungen über die „spezifische Permeabilität“ der Diatomeen.) *Planta* **45**, 125—146 (1955).
- Bünning, E.*: Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze. — Berlin-Göttingen-Heidelberg (1953).
- Huber, B.*: Die Temperatur pflanzlicher Oberflächen. — *Handbuch der Pflanzenphysiologie III*, 283—292 (1956) Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- Kandler, O.*: Über die Beziehungen zwischen Phosphathaushalt und Photosynthese I. — Phosphatpiegelschwankungen bei *Chlorella pyrenoidosa* als Folge des Licht-Dunkel-Wechsels. — *Z. Naturforschung* **5 b**, 423—437 (1950).
- — Über die Beziehungen zwischen Phosphathaushalt und Photosynthese II. — Gesteigerter Glucoseeinbau im Licht als Indikator einer lichtabhängigen Phosphorylierung. — *Z. Naturforschung* **9 b**, 625—644 (1954).
- Kloft, W.*: Wechselwirkungen zwischen pflanzensaugenden Insekten und den von ihnen besogenen Pflanzengeweben. — Habilitationsschrift, Würzburg (1956). — *Z. angew. Entomol.*, i. Dr.
- Nuorteva, P.*: Die Nahrungspflanzenwahl der Insekten im Lichte von Untersuchungen an Zikaden. — *Ann. Acad. Sc. Fenn. Ser. A IV* **19**, 7—90 (1952).
- Simonis, W.* und *Kating, H.*: Untersuchungen zur lichtabhängigen Phosphorylierung I. — Die Beeinflussung der lichtabhängigen Phosphorylierung von Algen durch Glucosegaben. — *Z. Naturforschg.* **11 b**, 165—172 (1956).
- — Untersuchungen zur lichtabhängigen Phosphorylierung II. — *Z. Naturforschg.* **11 b**, 354—363 (1956).
- Yarwood, C. E.*: Heat of respiration of injured and diseased leaves. — *Phytopathology* **43**, 675—681 (1953).

